

Danni da allagamenti a risorse ambientali. Una stima basata sulla contingent valuation

N. Morano*, V. Del Giudice**

1. Premessa

Gli allagamenti da esondazioni fluviali rappresentano una minaccia ricorrente per vasti territori del nostro Paese. Dei circa 6 milioni di ettari di pianure della penisola, oltre un quarto ne sono interessati. Causa degli allagamenti è principalmente lo stato di dissesto dei bacini idrografici, destinato ad aggravarsi in assenza di opportuni controlli sull'uso dei territori montani e collinari.

I danni da allagamenti coinvolgono sia le risorse produttive che le risorse ambientali. I danni alle risorse produttive, direttamente monetizzabili, investono una molteplicità di beni variamente qualificati (colture e produzioni agricole, abitazioni, industrie, infrastrutture). I danni all'ambiente, valutabili con criteri extramercantili, si presentano di solito circoscritti alle risorse antropiche dotate di rilievo storico, culturale e architettonico (monumenti, aree e reperti archeologici, musei). Di norma, infatti, non compaiono nelle valutazioni gli effetti che gli allagamenti determinano sulle risorse ambientali di tipo naturalistico (fauna, flora, paesaggio). E ciò in quanto queste risorse non subirebbero pregiudizio in conseguenza delle inondazioni (Gardiner 1992). La ragione, invece, è piuttosto da collegare alla sostanziale tenuità se non all'assoluta assenza di risorse ambientali naturalistiche in territori a diffusa antropizzazione, soprattutto nelle aree vallive di paesi di antica civilizzazione come il nostro, che sono poi quelle nelle quali ricadono le zone di allagamenti da esondazioni fluviali. Per questo, il danno alle risorse ambientali naturalistiche raramente risulta di consistente im-

*Professore ordinario di Estimo presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Salerno.

**Ricercatore confermato presso la Cattedra di Estimo della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Salerno.

Le formulazioni matematiche sono dovute all'Ing. Del Giudice, il resto della nota è da attribuire ad entrambi gli autori.

Lavoro svolto nell'ambito della ricerca "Definizione di modelli per la valutazione monetaria del danno da esondazioni", con un contributo del C.N.R. relativo all'anno 1996.

porto, assumendo più spesso entità alquanto modeste se non addirittura trascurabili.

D'altra parte, l'idea che alle risorse naturalistiche non derivi pregiudizio dagli allagamenti, se può trovare una qualche rispondenza nei confronti delle specie faunistiche e vegetazionali, nessun fondamento prospetta a riguardo del paesaggio, che va incontro a danni per lo stravolgimento e l'interruzione di funzioni ambientalistiche connesse all'uso del territorio e, talora, per le irreversibili modificazioni morfologiche che intervengono sull'assetto consolidato dei luoghi. In questi casi, il danno ambientale da allagamenti può raggiungere entità di non poco rilievo.

Lo spargimento di materiale vario -di coltri fangose, di detriti e rottami, di relitti animali e di piante- dovuto alle inondazioni, impedendo le attività ricreative praticate sul territorio (escursioni, campeggi, ecc.), può in realtà deprimere il *valore d'uso* (effettivo e "di opzione") del sito. Le modificazioni indotte da fenomeni di avulsione, erosione e sedimentazione, fermo restando le "riparazioni" che interverranno ad opera del dinamismo ecologico (Dajoz, 1972), incidono sulle esigenze di conservazione imposte dalla memoria storica, individuale e collettiva (Gottmann, 1993), s" che la misura del danno può essere espressa come diminuzione del *valore di esistenza* provocata dalle inondazioni.

Va da sé che, di questi effetti degli allagamenti, vengono qui considerati soltanto i risvolti ambientalistici e non anche quelli che rientrano nella valutazione dei danni alle risorse produttive, pur presenti nelle funzioni d'uso e nelle modificazioni del territorio alle quali è riferita l'analisi.

Nel caso preso a riferimento per la trattazione della presente nota, costituito da un territorio allà confluenza dei fiumi Sele e Calore in provincia di Salerno¹, l'importo del danno da allagamenti all'ambiente è stimato in termini di *valore d'uso* e di *valore di esistenza*. La valutazione, *ex ante*, è basata sull'impiego della *contingent valuation* (Davis, 1963) e, nell'esposizione che segue, è preceduta dalla descrizione dei profili della stima del danno ambientale al territorio causato -appunto- da esondazioni fluviali.

1) E' uno degli ambiti di allagamento individuati con gli studi svolti nel corso della redazione del Piano di bacino del fiume Sele (Ministero dei Lavori Pubblici, Provveditorato alle Opere Pubbliche per la Campania, Napoli 1991), studi dai quali vengono ripresi e qui riportati, nel testo e nelle note, i dati sulle caratteristiche orografiche dell'area, sulle cause delle esondazioni, sulla ricorrenza degli eventi e sulle superfici interessate dalle inondazioni, sui tempi di corrivazione delle acque.

2. La stima del danno ambientale attraverso la *contingent valuation*

La valutazione del danno all'ambiente è regolata dai principi della *welfare economics*, per i quali la stima delle risorse colpite dall'evento non può prescindere dalle funzioni di utilità attinenti alle risorse medesime (Sinden, Worrell, 1979; Mattia, 1983 e 1988).

La *ratio* della valutazione, come noto, tiene conto dell'assenza di meccanismi mercantili che diano luogo a dati economici concernenti le risorse interessate (*market failure*). Ne deriva l'esigenza di ricercare opportune funzioni di utilità la cui definizione, d'altra parte, è resa complessa da problemi di *misurazione* dovuti alla inapplicabilità di riferimenti cardinali per le ofelimità individuali e problemi di *aggregazione* conseguenti all'assioma paretiano dell'*impossibilità dei confronti interpersonali* (Arrow, 1963; Sen, 1986).

Motivato da tali problematiche, l'uso di variabili *proxy* dell'utilità, nella valutazione del danno all'ambiente si concreta emblematicamente nella stima della disponibilità a pagare (WTP) o della disponibilità ad accettare (WTA) da parte degli utenti delle risorse, espresse come ipotetica modifica di reddito (equivalente o compensativa) corrispondente a date variazioni di offerta del bene ambientale (Mishan, 1976). Il valore delle risorse, in tal modo determinato, riflette le funzioni di utilità individuale, rispettando perciò il *principio di sovranità del consumatore*, che comunemente sovrintende la logica mercantile di formazione dei prezzi (Simonotti, 1982 e 1989).

Nella stima della WTP (o della WTA), la metodologia da applicare deve poi essere appropriata alle risorse da valutare, in relazione alla caratterizzazione fisico-territoriale ed ai contenuti economici di cui le risorse sono portatrici, più esattamente in rapporto agli elementi del valore dei quali occorre procedere alla determinazione.

In effetti, la caratterizzazione fisico-territoriale delle risorse, ovvero la loro univoca definizione materiale (riserve naturalistiche, musei, siti archeologici, giardini, castelli, ecc.), può orientare la scelta della metodologia quando si disponga di parametri di valutazione oggettivi (saggi di visita, costi di viaggio, prezzi immobiliari), che consentano di quantificare adeguatamente il valore incognito (*Travel Cost*, *Hedonic Prices*, ecc.).

Per contro, la scelta della metodologia valutativa può, ovviamente, essere determinata anche dall'assenza dei suddetti parametri, come pure dalla necessità di ricomprendere nella valutazione gli ele-

menti diversi dal *valore d'uso diretto* delle risorse (*option value*, *bequest value*, *existence value*). Ed è appunto in questi casi che la *contingent valuation* (CV) può trovare logico e razionale impiego (Fusco Girard, 1993), dal momento che permette di perseguire, senza ricorrere a variabili "strumentali", gli scopi peculiari del quesito valutativo².

Sul piano operativo, segnatamente nella valutazione *ex ante* dei danni ambientali, la CV presenta il vantaggio di inferire "direttamente" il valore incognito, per mezzo di interviste che di solito mirano ad accertare la WTP individuale perché sia evitata la degradazione dell'ambiente. Per questa finalità, la *close-ended* o *dichotomous choice*, più di ogni altra "versione" della CV (*open-ended*, *bidding game*, *payment card*, ecc.), appare capace di disincentivare i "comportamenti strategici" degli intervistati e di riflettere anche il meccanismo di scelta referendario che contraddistingue tipicamente l'offerta dei beni pubblici (Signorello, 1994).

La complessiva affidabilità della CV, d'altra parte, dipende dalle modalità di formulazione degli strumenti d'indagine, vale a dire dei questionari, in special modo dalla prospettazione dei danni producibili alle risorse (Mattia, 1988). Dipende altresì da fattori come le assunzioni, le operazioni algebriche e le specificazioni statistiche utilizzate nell'elaborazione dei dati elementari: fattori tutti che è possibile definire, nella maggior parte dei casi, mediante approcci più che consolidati nella letteratura e nella prassi delle valutazioni economico-ambientali.

2) L'idoneità della CV per la stima dei danni all'ambiente è stata riconosciuta ufficialmente da una recente normativa del Governo federale degli Stati Uniti. La decisione trova riscontro nella diffusa applicazione che di tale metodologia è stata fatta nella prassi valutativa nordamericana (Carson *et al.*, 1994), in particolare nella stima dei danni ambientali da inquinamento atmosferico (Ridker, 1967; Lave, Seskin, 1970; Bach, 1972; Barret et Waddel, 1973; Jaksch, 1983; Schulze *et al.*, 1983; Rahmation, 1987). A fronte della diffusione avuta in nordamerica, il ricorso alla CV è iniziato in Europa soltanto negli ultimi tempi, in relazione anche all'accresciuto interesse per le problematiche ambientali. In Italia, l'impiego di questa tecnica di valutazione rimane essenzialmente nell'area della ricerca ed è in prevalenza incentrato sulla stima dei benefici di fruizione delle risorse naturali (Signorello, 1990, 1993 e 1994).

3. Schema di impiego della *contingent valuation*

La valutazione *ex ante* dei danni da allagamenti a risorse ambientali, eseguita con l'impiego della CV, può essere distinta in tre fasi.

L'applicazione della CV, preliminare rispetto alle fasi successive, va riferita ad un evento di definita periodicità o probabilità di accadimento e comporta:

- a) la delimitazione, sul territorio d'indagine, della zona soggetta ad inondazione per causa dell'evento assunto a riferimento della stima;
- b) la definizione di un campione statistico rappresentativo della popolazione di "utenti" delle risorse ambientali presenti nella zona di allagamento;
- c) la stima della WTP "media individuale", eseguita sul campione e basata sul *quantum* che l'utente è disposto a pagare perché siano evitati i danni alle risorse interessate dall'evento, nonché la determinazione della WTP "totale", calcolata per l'intera popolazione degli utenti delle risorse e corrispondente al "prezzo di conto" del danno all'ambiente.

Il dato al punto a) è ottenuto mediante perimetrazione cartografica dell'area formata dall'involuppo delle superfici inondabili dall'evento preso a riferimento. Operazione che va effettuata con l'impiego dei parametri idraulici che caratterizzano l'evento (portata al colmo di piena, volume di esondazione), in confronto con le quote altimetriche e con la configurazione orografica della zona interessata.

La definizione del campione statistico (punto b) richiede che sia nota la popolazione di utenti delle risorse ambientali soggette a potenziale danno. Quando si tratta di risorse "puntuali", fisicamente circoscritte sul territorio, l'utenza può essere desunta da parametri che esplicitano il grado di fruizione delle risorse (ad esempio i saggi di visita). In caso contrario occorre impiegare criteri operativi *ad hoc* (quello, ad esempio, di contiguità territoriale), tali che tengano conto dei dati disponibili sul flusso incognito di popolazione. E' chiaro che la composizione del campione riflette i criteri utilizzati e il livello di informazione acquisito per la definizione della popolazione degli utenti delle risorse.

La stima (punto c) della WTP "media individuale" va svolta sul campione secondo le modalità operative proprie della CV e il risultato, esteso alla intera popolazione degli utenti, fornisce la WTP "totale", cioè l'ammontare del danno producibile dall'evento considerato.

Segue la seconda fase della valutazione. La quantizzazione del danno va eseguita per ogni altro evento di diversa periodicità previsto -all'interno di un determinato arco di tempo- dallo studio dei volumi di esondazione, svolto per la progettazione delle opere idrauliche di contenimento delle piene. Nei casi in cui le risorse ambientali soggette al rischio degli allagamenti siano uniformemente distribuite sul territorio, la valutazione per ciascun evento può essere eseguita sul parametro di misura del danno ottenuto con la stima effettuata nella prima fase. Quando le singole zone siano specificamente connotate sotto il profilo ambientale, la valutazione va invece eseguita in rapporto alle peculiari risorse delle quali ogni zona di allagamento è dotata.

La terza fase della valutazione è destinata al calcolo del danno complessivo. Questo dato corrisponde all'accumulazione, al momento della valutazione, degli importi di danno stimati per i singoli eventi e rappresenta l'importo totale del danno che gli allagamenti possono produrre alle risorse ambientali del territorio nell'arco di tempo per il quale è stata svolta la stima dei volumi di esondazione. L'accumulazione va eseguita con somma finanziaria o con somma aritmetica a seconda che la quantizzazione dei singoli importi di danno sia riferita ai tempi di ritorno degli eventi oppure direttamente al momento della valutazione (all'attualità).

3.1. Formulazione analitica del procedimento

Sia E il generico evento di esondazione con assegnata periodicità. Per tale evento si calcoli la superficie di allagamento S_E sui dati di massima portata di piena al colmo, volume di esondazione e struttura orografica del territorio inondabile.

Sia P_E la popolazione degli n_E "utenti" delle risorse ambientali esistenti nell'ambito S_E . Dalla popolazione P_E si estrapoli il campione C_E , formato da m_E soggetti ($m_E^2 n_E$).

Mediante interviste si determini, per il campione C_E , la WTP media individuale $[(WTP^E)_s]$ onde sia evitato, per mezzo -ad esempio- di appositi contenimenti delle esondazioni, il verificarsi del danno alle risorse presenti in S_E . Si utilizzino, al fine, le seguenti relazioni:

$$(WTP^E)_{med} = m_E^{-1} - (WTP^E)_s \quad [CV \text{ open-ended}]$$

oppure

$$(WTP^E)_{med} = - \int [1-G(x)] dx \quad [CV \text{ close-ended}],$$

dove $[1-G(x)] = \text{Prob}(SI=1/x) = \text{Prob}(x|WTP)$ è la probabilità che gli intervistati acconsentano (rispondano cioè affermativamente) alla donazione x (entità della disponibilità a pagare), e dove $G(x)$ raffigura la distribuzione di frequenza cumulata della variabile casuale WTP^E .

Nella *CV close-ended*, per il noto approccio parametrico di Hanemann (Hanemann, 1984)³ fondato sulla massimizzazione della variazione di *utilità casuale* (Mc Fadden, 1976), la probabilità di risposta affermativa alla donazione, in maniera analoga, può essere indicata come segue:

$$\text{Prob}(SI=1/x) = F\eta(DV).$$

In tale relazione, $\eta = \mu_0 - \mu_1$ rappresenta la differenza tra due variabili casuali indipendenti e identicamente distribuite, variabili nelle quali rifluisce l'incertezza della definizione delle utilità individuali ai livelli di offerta ambientale lq_1 ed lq_0 ($lq_1 > lq_0$); $F\eta(\Delta V)$ è la funzione di distribuzione cumulata dell'errore stocastico η , essendo $\Delta V = V_1 - V_0$ la differenza tra le utilità specificate in ηq_1 ed ηq_0 . Quest'ultima funzione, d'altro canto, può essere espressa anche attraverso il seguente modello *logit*:

$$F\eta(\Delta V) = [1 + \exp(-\Delta V)]^{-1},$$

nel quale DV presenta formulazioni differenti in rapporto al numero e alla tipologia delle variabili esplicative (economiche, sociali, ecc.) delle funzioni di utilità considerate.

Una volta calcolata la WTP media individuale, il valore della WTP totale, relativo alla popolazione P_E , può essere ottenuto come segue:

3) Un approccio alternativo è quello *non parametrico*, nel quale la stima della funzione di probabilità può essere eseguita mediante un modello di regressione «isotonica», imponendo la condizione che le variazioni della variabile dipendente assecondino le aspettative dell'analista (Cfr. Signorello G., *Valutazione contingente della disponibilità a pagare per la fruizione di un bene ambientale: approcci parametrici e non parametrici*, in "Rivista di Economia Agraria", n. 2, 1994).

$$WTP^E = n_E (WTP^E)_{med},$$

oppure, in via cautelativa, mediante la relazione:

$$WTP^E = \gamma n_E (WTP^E)_{med},$$

dove $\gamma = m'_E / m_E$ indica il *tasso di successo* delle interviste, posto che sia m'_E il numero degli intervistati che hanno fornito risposte utilizzabili per lo svolgimento della valutazione.

Gli importi della *WTP* totale, in tale modo calcolati, configurano l'ammontare del danno ambientale connesso all'evento assunto a riferimento della stima.

La quantizzazione del danno per ogni altro evento di diversa periodicità previsto nell'arco di tempo delimitante la stima dei volumi di esondazione e l'accumulazione dei corrispondenti importi al momento della valutazione sono descritte dalle espressioni formali che seguono.

Sia T_{Ei} $i=1,2, \dots, i'-1, i'$ il "tempo di ritorno" (numero di anni) del generico evento di esondazione E_i . Sia $T_{Ei'}$ coincidente, a titolo esemplificativo, con l'arco di tempo in relazione al quale va eseguita la stima del danno all'ambiente. L'ammontare del danno (D) va calcolato come segue:

$$D = \sum_i D_i / q^t,$$

dove $1/q^t$ è il fattore di sconto all'attualità degli importi di danno (D_i) inerenti ai diversi eventi che potranno verificarsi nell'intervallo di tempo $T_{Ei'}$. E ciò, posto che:

$$t = T_{Ei} + n_i T_{Ei},$$

dove $n_i \in N$ (insieme dei numeri interi), $n_i = 1, 2, \dots, k$, $k = [(T_{Ei'}/T_{Ei}) - 1]$. L'accumulazione finanziaria degli importi D_i è logicamente omessa quando la stima del danno venga eseguita -come di solito accade con la CV- per mezzo di interviste miranti ad esplicitare all'attualità il valore delle risorse esposte agli eventi. L'ammontare del danno (D) è dato allora dalla somma aritmetica degli importi relativi ai singoli eventi di definita periodicità (DT_{Ei}). Cioé:

$$D = \sum_i n'_i D_{TEi},$$

dove $n'_i = T_{Ei}/T_{Ei}$.

Per risorse ambientali uniformemente distribuite sul territorio inondabile, posto che gli importi D_{TEi} siano proporzionali alle superfici delle zone soggette agli allagamenti (S_{TEi}), si ha:

$$D_{TEi-1} = (D_{TEi} / S_{TEi}) \times S_{TEi-1},$$

dove $D_{TEi} = D_{TEi-1}$ per $S_{TEi} = S_{TEi-1}$. Per risorse ambientali che presentino specifiche connotazioni in ciascuna zona, la stima degli importi D_{TEi} attinenti ai diversi eventi è svolta -come si è detto- per ogni zona di allagamento.

4. Applicazione ad un caso concreto

Attraverso la CV, la stima del danno all'ambiente producibile da esondazioni viene ora eseguita nel territorio situato in provincia di Salerno, alla confluenza dei fiumi Sele e Calore.

Il territorio è pressoché pianeggiante, con quote del terreno variabili tra 10 e 15 metri s.l.m.. Si estende su una superficie di Ha 6.400, in direzione NNE-SSO, per una lunghezza complessiva di circa 6 chilometri. E' costituito da suoli di formazione recente, originati dai depositi alluvionali delle piene dei due fiumi, perciò uniformi sia sotto i profili fisico-chimico e pedologico, sia per la elevata fertilità, esaltata dall'esercizio della pratica irrigua.

La quota dei suoli, di poco superiore a quella delle acque fluenti, espone il territorio al rischio di inondazioni correlate principalmente con due cause:

- i) le sezioni di deflusso del fiume Calore non sono sufficienti a contenere le portate di massima piena⁴;
- ii) il deflusso delle acque nel fiume Calore viene ostacolato dall'onda di piena del fiume Sele, per cui si forma un'onda di rigurgito che risale

4) I due fiumi sono privi di argini. Fa eccezione il tratto di destra del Sele, che è arginato per complessivi m 3.540, a partire dalla località denominata "Torretta di Campagna" sino a Ponte Barizzo.

il corso del Calore e genera lo straripamento delle acque nei punti di insufficiente sezione⁵.

Le acque esondate coprono superfici di differente ampiezza in rapporto alla imponenza e alla ricorrenza degli eventi, definite per confronto tra le quote idriche che vengono raggiunte dalle acque nel tratto di confluenza dei due fiumi e le quote altimetriche dei suoli all'interno dell'area di allagamento⁶.

4.1. *Danni potenziali all'ambiente*

Il territorio di indagine ha i connotati delle aree antropizzate ad assetto esclusivamente agricolo. Sulle aree prossime e contigue alle sponde del Sele e del Calore, la copertura vegetale è formata da macchia mediterranea e bosco ripariale; diffuse sono le piante acquatiche ed igrofile⁷. Nel territorio non si rinvergono risorse di rilevante valore storico, culturale ed architettonico. I danni potenziali all'ambiente sono perciò da individuare negli impatti degli allagamenti sul territorio e sul paesaggio.

In merito va rilevato che il territorio di indagine, sebbene presenti caratteristiche tipiche delle aree agricole e sia sprovvisto di strutture ricettive, costituisce un polo di vivace attrazione naturalistica per le popolazioni dei centri abitati contermini. Sul territorio hanno luogo attività ricreative e di svago, quali escursioni nelle aree più distanti ed in quelle prossime ai corsi d'acqua dei due fiumi. Diffuse e abituali sono le attività di caccia e pesca, in ragione della varietà ed abbondanza della fauna stanziale terrestre e dulciacquicola; importanti, nella tradizione e nel costume della popolazione, le ricorrenze -in primavera, estate e autunno- di feste campestri che traggono origine da riti

5) Differente è la causa degli allagamenti nel tratto del Sele che segue alla confluenza, in quello che va da Ponte Barizzo alla Foce. A valle del ponte Barizzo infatti, sia in destra che in sinistra, il fiume Sele è dotato di argini (alti mediamente m 7 rispetto al fondo dell'alveo e posti ad una distanza costante di circa m 210) per cui le esondazioni, in questo tratto, possono s" verificarsi -peraltro con bassissime probabilità di accadimento- ma a seguito della rottura delle parti di minore resistenza degli argini sollecitate dall'evento di piena.

6) Per i differenti "tempi di ritorno" (T = anni), le aree di allagamento risultano: Ha 333 (T=5), Ha 466 (T=10/20), Ha 542 (T=30), Ha 763 (T=50).

7) In questi ambiti fluviali trovano il loro *habitat* naturale diverse specie di uccelli e di mammiferi. E' diffusa la lontra, per la quale sono stati di recente attivati specifici programmi di protezione e ripopolamento da parte di varie associazioni ambientaliste.

pagani. Gli allagamenti, così come in passato, sono causa di impedimenti e quindi di danno nell'uso del territorio.

Non di meno, incisive sull'aspetto del paesaggio sono risultate nel tempo le mutazioni generate -in concomitanza con gli allagamenti- da fenomeni di avulsione, erosione e sedimentazione, che toccano in particolare le zone ripariali, provocando ridistribuzioni areali delle risorse vegetazionali e nuove configurazioni del territorio.

4.2. Evento di riferimento

Nel caso presente, la CV viene riferita all'evento di periodicità cinquantennale, la cui superficie di allagamento è di Ha 763. Quest'area è la più estesa e ricadono al suo interno tutte le zone di volta in volta inondabili dagli eventi con tempi di ritorno minori. In essa ricadono, di conseguenza, tutte le risorse ambientali soggette a danno da allagamenti correlati al verificarsi dei singoli eventi.

4.3. Il questionario per la stima della WTP

Finalizzato alla raccolta delle informazioni per la stima del danno all'ambiente, il questionario predisposto ed impiegato nella indagine è suddiviso in tre parti⁸.

Nella prima parte -com'è di norma- sono esposti i quesiti che mirano ad appurare il grado di sensibilità dell'intervistato nei confronti delle problematiche di indagine, nel caso in esame quelle ambientali. Lo scopo è di delineare: a) l'inclinazione del soggetto intervistato ad acquisire informazioni sul tema dell'indagine, b) la propensione ad un suo coinvolgimento finanziario in iniziative di salvaguardia dell'ambiente, c) il livello personale di fruizione delle risorse che rientrano nella materia della valutazione.

Nella seconda parte è riportata la descrizione degli effetti che gli allagamenti possono provocare sull'ambiente naturale del territorio. Sono al fine illustrati, in dettaglio, tanto gli effetti per così dire transitori (degrado del territorio e conseguente prolungata impraticabilità dei luoghi), quanto gli effetti di carattere permanente relativi alla irreversibile modificazione del paesaggio.

E' posto quindi il quesito diretto a verificare l'importanza che l'intervistato attribuisce alle diverse tipologie di benefici ottenibili

8) Gli autori ringraziano l'ing. Gianfranco Crippa per la collaborazione fornita nello svolgimento delle interviste.

dall'ambiente naturale considerato ed è, a questo punto, riportata la *domanda di elicitazione*. Questa domanda tende ad accertare la disponibilità del soggetto al pagamento di un importo predefinito (WTP)⁹, da versare ad una ipotetica Fondazione che utilizzerebbe i fondi raccolti per tutelare -mediante l'esecuzione di opere idrauliche- le risorse ambientali interessate, come pure per promuovere attività di ricerca scientifica e di educazione naturalistica. La domanda è espressa in termini che comportano una risposta dell'intervistato -per il *quantum* della donazione, e quindi per il valore delle risorse da salvaguardare- riferita all'attualità, ovvero al momento della valutazione.

L'ultima parte del questionario è destinata alle informazioni sulle caratteristiche sociali ed economiche dell'intervistato (reddito medio annuo, titolo di studio, settore di attività nel quale lavora, numero di persone componenti il nucleo familiare, ecc.).

4.4. Il campione statistico

Il campione di "utenti" delle risorse naturali del territorio di indagine è stato definito sulla popolazione residente nei comuni dell'area colpita dagli allagamenti¹⁰. Il criterio assunto per la delimitazione del bacino di utenza è pertanto quello della "contiguità territoriale" dei soggetti con le risorse interessate. Criteri diversi, quali la "frequenza delle visite", sono stati esclusi per le condizioni di "aperta accessibilità" alla fruizione delle risorse oggetto della valutazione, prive cioè di vincoli e di controlli sui quali possa essere applicato un sistema di misura del rapporto delle risorse con l'utenza. Analoghe ragioni hanno impedito di differenziare quantitativamente l'utenza tra i comuni dell'area.

Poiché sono cinque i comuni che concorrono alla formazione del territorio di studio, il campione statistico è stato ripartito in cinque componenti di uguale dimensione numerica, ognuna rappresentativa della popolazione residente in ciascun comune¹¹. Complessivamente sono stati intervistati 210 soggetti¹² prescelti tra gli addetti ai principa-

9) L'importo indicato nel questionario, nel corso dell'indagine, è stato scelto di volta in volta dall'analista, in modo casuale all'interno della seguente serie di valori: L. 5.000, L. 10.000, L. 20.000, L. 25.000, L. 30.000, L. 35.000, L. 40.000, L. 50.000, L. 60.000, L. 70.000, L. 80.000, L. 90.000, L. 100.000, L. 125.000, L. 150.000, L. 200.000.

10) I comuni sono i seguenti: Serre, Altavilla Silentina, Albanella, Capaccio ed Eboli.

11) Al fine sono stati utilizzati i dati ISTAT relativi al censimento 1991.

12) Le interviste sono state eseguite nel corso del 1994.

li settori di attività. Tutte le interviste svolte sono risultate utili ai fini dell'analisi statistica.

4.5. Elaborazione dei dati

L'andamento delle risposte (SI/NO) fornite dagli intervistati del campione di indagine al variare della donazione proposta nel questionario è descritto in tab. 1.

Tab.1 - Relazione tra l'importo della donazione proposta e le risposte degli intervistati

Importo della donazione (£)	Dimensione del sub-campione	N.risposte		Percentuale	
		SI	NO	risposta SI	risposta NO
L. 5.000	12	11	1	91	9
L. 10.000	15	13	2	86	14
L. 20.000	14	12	2	85	15
L. 25.000	12	9	3	75	25
L. 30.000	14	10	4	71	29
L. 35.000	9	6	3	66	34
L. 40.000	20	12	8	60	40
L. 50.000	11	6	5	54	46
L. 60.000	9	4	5	44	56
L. 70.000	16	6	10	37	63
L. 80.000	8	2	6	25	75
L. 90.000	10	2	8	20	80
L. 100.000	10	2	8	20	80
L. 125.000	24	4	20	16	84
L. 150.000	16	2	14	12	88
L. 200.000	10	1	9	10	90

Sul novero delle risposte ottenute, la stima della *WTP* media individuale è stata eseguita utilizzando la relazione (*CV, close-ended*):

$$(WTP^E)_{med} = - [1-G(x)] dx .$$

Per specificare la funzione correlante le probabilità definite nello spazio geometrico rispettivamente delle *WTP* e delle utilità individuali, ricorrendo al già richiamato approccio parametrico di Hanemann, è stata impiegata la:

$$1-G(x) = F_h(\Delta V) ,$$

nella quale la distribuzione cumulata dell'errore stocastico h è stata risolta tramite il modello *logit*:

$$F_{\eta}(\Delta V) = [1 + \exp(-\Delta V)]^{-1}.$$

Le corrispondenze funzionali considerate per determinare la variazione di utilità (DV) sono¹³:

$$\begin{aligned}\Delta V &= \alpha - \beta X && (\text{mod. I}) \\ \Delta V &= \alpha - \beta \ln(1 - X/R) && (\text{mod. II}) \\ \Delta V &= \alpha - \beta \ln X && (\text{mod. III}),\end{aligned}$$

dove X rappresenta l'ammontare della donazione proposta all'intervistato, a e b sono i parametri dei modelli. In particolare: β configura l'utilità marginale del reddito (R); lo stesso reddito (R), nel modello II, è stato uguagliato al valore medio del reddito nel campione statistico analizzato (L. 13.215.461); il modello III è un'approssimazione del modello II.

Svolta col metodo della massima verosimiglianza (*maximum likelihood estimators*), la stima dei parametri dei tre modelli ha fornito i valori indicati nella tab. 2. Tali valori, oltre a presentare il segno atteso, risultano tutti statisticamente significativi. La funzione di probabilità di risposta affermativa alla donazione ($\text{Prob SI}/X$), stimata in rapporto ai tre modelli, è descritta nei diagrammi (a), (b) e (c).

I valori della WTP media individuale sono stati calcolati, con riferimento ai tre modelli esaminati, tramite integrazione numerica della funzione di distribuzione cumulata e successiva divisione dei risultati per una costante $K=(\text{Prob } WTP>0)^{14}$. Il livello di troncamento

Tab. 2 - Valori dei parametri dei modelli Logit

variabile	Modello I	Modello II	Modello III
costante	1.585248	1.578688	15.033495
donazione	- 0.000025		
$\ln(1-\text{donazione}/\text{reddito})$		321.959046	
$\ln(\text{donazione})$			-1.405207

* 210 osservazioni. Coefficienti significativi al 5% di significatività.

13) Cfr. Signorello G., *La stima dei benefici di tutela di un'area naturale: un'applicazione della Contingent Valuation*, in "Genio Rurale", n.9, 1990.

14) Costante che può anche essere espressa come segue: $K=[1+\exp(-\alpha)]^{-1}$. Cfr. Kristrom B., *Valuing environmental benefits using the Contingent Valuation Method - An econometric analysis*, in "Umea Economic Studies", n. 219, 1990. Per quanto concerne il modello III,

dell'integrazione è stato assunto pari al valore massimo della donazione proposta all'intervistato ($X_{max} = \text{L. } 200.000$). Questa assunzione, in linea di principio, è motivata dall'ampiezza dell'intervallo di variazione delle donazioni (Bishop, Heberlein, 1979) come anche dalla prassi valutativa per cui può essere attribuita uguale credibilità ai differenti livelli di troncamento adottabili (Signorello, 1990). Nel caso in esame, l'assunzione stessa è avvalorata dalla generale stabilità dei risultati della valutazione al variare del livello di troncamento della funzione integranda (tab. 3).

Tab. 3 - Valori della WTP media individuale (£)

	Prob(X_{max}) ^a	Probabilità di troncamento della distribuzione		
		Prob(0.100)	Prob(0.050)	Prob(0.010)
Modello I	83.830	80.132	82.917	84.905
	0.8299*	0.8299*	0.8299*	0.8299*
	69.571**	66.651**	68.813**	70.463**
	200.000***	151.298***	181.187***	247.214***
Modello II	85.330	81.898	84.541	86.551
	0.8290*	0.8290*	0.8290*	0.8290*
	70.739**	67.894**	70.085**	71.751**
	200.000***	154.084***	184.362***	251.002***
Modello III	67.980	69.166	79.585	96.824
	200.000***	211.514***	359.977***	1.165.269***

a: Le probabilità di troncamento ad $X_{max} = \text{£ } 200.000$ sono: 0.031 (Mod.I), 0.034 (Mod.II), 0.107 (Mod.III).

* Costante di normalizzazione.

** Valore non normalizzato.

*** Importo corrispondente alla probabilità di troncamento.

L'ammontare complessivo della WTP è stato infine calcolato come segue (cfr. paragrafo 3.1):

$$WTP^E = \gamma n_E (WTP^E)_{med.}$$

Il calcolo è ovviamente preceduto dalla definizione del numero di nuclei familiari (n_E) costituenti la popolazione statistica della zona indagata¹⁵.

che implicitamente si avvale della condizione $WTP > 0$, la divisione dei risultati per la costante K può essere omessa.

15) Le unità familiari, residenti nei comuni che ricadono nell'area di allagamento, sono risultate complessivamente in numero di 28.658 (Fonte ISTAT).

I risultati, ottenuti per mezzo dei modelli I, II e III (tab. 4), costituiscono gli importi del danno all'ambiente generabile dall'evento -quello di ricorrenza cinquantennale- preso a riferimento della stima.

Gli importi del danno stimati con il modello algebrico lineare e con quello logaritmico nel reciproco del reddito risultano di entità analoga. Meno elevati risultano invece gli importi ricavati col modello logaritmico nella donazione rappresentativa dell'apprezzamento soggettivo dei benefici ambientali. A questo modello di valutazione vanno però preferiti i primi due, in ragione della minore reattività dei loro risultati al variare dei "valori di troncamento" dell'integrazione numerica della legge di probabilità delle utilità individuali.

Tab.4 - Ammontare del danno all'ambiente D_e (£) per evento cinquantennale

	<i>Da</i>
Modello I	2.402.400.000
Modello II	2.445.387.000
Modello III	1.948.170.000

5. Il danno ambientale complessivo nel territorio di studio

Gli allagamenti da esondazioni fluviali sono eventi periodici, che si ripetono cioè con una certa regola probabilistica. Alla confluenza del Calore nel fiume Sele, tali eventi -come si è visto in precedenza- si possono manifestare ogni 5, 10, 20, 30 e 50 anni.

Gli eventi quinquennali, dunque, si possono verificare 10 volte in 50 anni, i decennali 5 volte, i ventennali 2 volte, i trentennali e i cinquantennali rispettivamente 1 sola volta. La superficie inondabile presenta ampiezza massima in ricorrenza degli eventi cinquantennali e minima in ricorrenza di quelli quinquennali. Nell'arco del cinquantennio, il danno complessivo è dato dall'entità corrispondente alla somma finanziaria o aritmetica degli importi di danno producibili dai 19 eventi.

A partire dall'importo del danno determinato per l'evento cinquantennale, gli importi di danno relativi agli eventi con "tempi di ritorno" inferiori, data la uniforme distribuzione delle risorse ambientali sul territorio di indagine, possono essere calcolati attraverso la innanzi riportata relazione (2), ossia:

$$D_{TEi-1} = (D_{TEi} / S_{TEi}) \times S_{TEi-1} .$$

Nell'arco temporale della valutazione, l'ammontare complessivo del danno all'ambiente può essere a sua volta ottenuto con l'applicazione della relazione:

$$D = \sum_i n'_i D_{TE_i} \quad (n'_i = T_{E_i}/T_{E_i}),$$

essendo, gli importi che si ricavano con la (2), espressi all'attualità per il tramite del parametro di misura del danno determinato a mezzo della CV, sull'evento di periodicità cinquantennale, con riferimento-appunto al momento della valutazione.

I valori dei diversi elementi di calcolo sono esposti nella tab. 5 e l'ammontare complessivo del danno all'ambiente, nel territorio considerato e per i 19 eventi del cinquantennio di analisi, è di circa L. 25.000 milioni.

Tab. 5 - Parametri di calcolo del danno all'ambiente

T_{E_i} (anni)	S_{TE_i} (Ha)	D_{TE_i} (£ 10 ⁶)	n'_i (N)	$n'_i \times D_{TE_i}$ (£ 10 ⁶)
5	333	1.047	10	10.470
10	466	1.466	5	7.330
20	466	1.466	2	2.932
30	542	1.705	1	1.705
50	763	2.400	1	2.400
				$S_i = 24.837$

6. Considerazioni finali

Accennando alla tenuità e talora -si è detto in premessa- alla sostanziale assenza di risorse ambientali naturalistiche in territori intensamente antropizzati, si è voluto sottolineare un aspetto che, di solito trascurato nell'analisi economica dei progetti, può invece assumere -come nel caso dell'area alla confluenza del Calore nel Sele- importanza tutt'altro che trascurabile.

Nel caso esaminato, l'ammontare del danno all'ambiente è stato valutato senza distinguere le variazioni dei *benefici di uso* dalle variazioni dei *benefici di esistenza*. In altre parole, eseguita con la *contingent valuation*, la stima non è stata articolata in modo da esplicitare le specifiche preferenze degli utenti per le differenti categorie di valore delle risorse ambientali interessate. Su questo non ha avuto scarsa

influenza il problema -di non poco momento nelle valutazioni di contingenza *ex ante*- di giungere, da parte degli intervistati, ad un'adeguata comprensione dei termini e della misura che il danno assumerà al verificarsi degli eventi. La difficoltà -da parte di essi- di percepire la disutilità, ovvero l'ordine di grandezza del danno generabile da eventi che si verificheranno in tempi a venire, è certamente notevole ed è maggiore con l'aumentare della distanza dell'evento dal momento della stima, nonché in rapporto ad altri fattori tra i quali la natura e le caratteristiche delle risorse. Ad ogni modo, più che il dettaglio delle componenti del danno ambientale, in questa nota si è voluto individuare e definire -anche mediante relazioni formali- i contenuti logici, le fasi ed il percorso della CV applicata alla stima del danno da esondazioni alle risorse ambientali.

In particolare, per l'accumulazione -al momento della valutazione- degli importi di danno previsti per i diversi tempi di ritorno degli allagamenti, è stata considerata logicamente ammissibile la somma economica, e ciò nel presupposto che la CV rappresenti un espediente, un criterio volto a definire il parametro di valore delle risorse ambientali, riferito dall'intervistato all'attualità ed applicato dal valutatore all'epoca di ricorrenza degli eventi: un criterio non diverso da quello che regola la stima a prezzi costanti (che sono i prezzi correnti attuali) degli importi di danno da allagamenti alle risorse produttive. Ma si è pure ritenuto che possa essere applicata la somma aritmetica quando la domanda di elicitazione, nel questionario, sia posta in modo da ottenere una risposta che tenga conto dei tempi nei quali gli eventi si verificheranno e che sia espressa, attraverso l'entità della donazione, in valore già attualizzato del danno alle risorse soggette ad allagamenti.

La stima del danno correlata ai tempi di ritorno degli eventi suggerisce la possibilità di impiegare i suoi risultati per il dimensionamento delle opere di contenimento delle piene. L'operazione può essere fondata sul confronto dei costi marginali di realizzazione delle opere con i benefici marginali corrispondenti ai mancati danni. Precisamente, una volta calcolati costi e benefici per tempi di ritorno crescenti degli eventi ricompresi nell'arco di durata economica delle opere, il dimensionamento ottimale sarà ottenuto con le opere di difesa il cui costo marginale risulterà uguale ai benefici marginali conseguibili con la loro realizzazione. Questo però è argomento di altra nota, da pubblicare in seguito.

BIBLIOGRAFIA

- Arrow K.J. (1963), *Social Choice and Individual Values*. Wiley, New York.
- Bach W. (1972), *Atmospheric Pollution*. Mc Graw Hill, New York.
- Barret L.B., Waddel T.E. (1973), *Costs of Air Pollution Damage: A Status report*. U.S. Environmental protection Agency, Report n. AP-85, research triangle Park, North Carolina.
- Bishop R.C., Heberlein T.A. (1979), *Measuring Values of Extramarket Goods: Are Indirect Measures Biased?*, "American Journal of Agricultural Economics", n. 1.
- Carson R.T., Wright J., Alberini A., Carson N., Flore N. (1994), *A Bibliography of Contingent Valuation Studies and Paper*, NRDA Inc, La Jolla.
- Dajoz R. (1972), *Manuale di Ecologia*. ISEDI, Milano.
- Davis R.K. (1963), *The Value of Outdoor Recreation: An Economic Study of the Maine Woods*, Ph. dissertation, Harvard University.
- Fusco Girard L. (1993), *Estimo ed economia ambientale: le nuove frontiere nel campo della valutazione*. FrancoAngeli, Milano.
- Gardiner J. (1992), *Environmental Impact of Floods*, "Pre-proceedings of the NATO-ASI on Coping with Floods", Erice, november, 1992.
- Gottmann J. (1993), *Paesaggio, teatro vivente*, "Sistema Terra", n. 2.
- Hanemann M. (1984), *Welfare Evaluations in Contingent Valuation Experiments with Discrete Responses*, "American Journal of Agricultural Economics", n. 66.
- Kristrom B. (1990), *Valuing environmental benefits using the Contingent Valuation Method - an econometric analysis*, "Umea Economic Studies", n. 219.
- Lave L.B., Seskin E.P. (1970), *Air Pollution and Human Health*, "Science", n. 169.
- Mattia S. (1983), *L'uomo e l'ambiente - L'azione di modifica e valutazione degli effetti negativi*. C.U.S.L., Milano.
- Mattia S. (1988), *Valutazione del danno all'ambiente. Elementi metodologici*. Capone ed.
- Mc Fadden D. (1976), *Quantal Choice Analysis: A Survey*, "Annals of Economic Social Measurement", n. 5.
- Mishan E.J. (1976), *The use of Compensations and Equivalent Variations*, "Econometrica", may.
- Rahmatian M. (1987), *Component Value Analysis: Air Quality in the Grand Canyon*

- National Park, West Virginia Univ., J. env. Management, vol. 24, n. 3.
- Ridker R.G. (1967), *Economic Costs of Air Pollution*. Praeger, New York.
- Schulze W., d'Arge R., Brookshire D.S. (1983), *Valuing environmental commodities: Some recent experiences*, "Land Economics", n. 57.
- Sen A. (1986), *Scelta, benessere, equità*. Il Mulino, Bologna.
- Signorello G. (1990), *La stima dei benefici di tutela di un'area naturale: un'applicazione della "contingent valuation"*, "Genio Rurale", n. 9.
- Signorello G. (1993), *Stime dirette e indirette della disponibilità a pagare per la fruizione di una riserva naturale siciliana*, Università degli Studi di Catania, Catania.
- Signorello G. (1994) *Valutazione contingente della "disponibilità a pagare" per la fruizione di un bene ambientale: approcci parametrici e non parametrici*, "Rivista di Economia Agraria", n. 2.
- Simonotti M. (1982), *Introduzione alla valutazione del danno da inquinamento all'agrosistema*. Catania.
- Simonotti M. (1989), *Fondamenti di metodologia estimativa*. Liguori, Napoli.
- Sinden J.A., Worrell A.C. (1979), *Unpriced Values - Decision without Market Prices*. Wiley, New York.